

Список литературы

1. Синхронная машина с совмещенным многофункциональным бесщеточным возбудителем: пат. 2095923 RU, МКИ 6 О2 К 19/38, 21/04 / Пластун А. Т., Денисенко В. И., Карташев В. Т., Гольдин Р. Г., Гольмаков Ю. И., Коренцвит Ф. Р., Шелепов А. С. № 9403168; заявл. 29.08.94; Оpubл. 1997, Бюл. № 31. 14 с.
2. Особенности конструкции и вентиляционной системы генераторов закрытого исполнения с применением наноструктурированных изоляционных материалов / М. В. Кычанов, А. Н. Мойсейченков, В. И. Денисенко, А. Т. Пластун, Т. С. Атаев // Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии: сб. докл. 3-й Международной конференции в рамках выставки «Энергосбережение, отопление, вентиляция, водоснабжение», 15–17 мая 2013 г. Екатеринбург : УрФУ, 2013. С. 179–182.
3. Затучная М. А., Пантюхов Л. Л., Федюшкин А. М. Аэродинамические исследования узлов вентиляторов закрытых электродвигателей и методика их вентиляционного расчета // Аэродинамика и теплопередача в электрических машинах. 1976. Вып. 6. С. 27–45.

УДК 621.311.22

Бабенко И. А, Вальцев Н. В.
Уральский федеральный университет,
sesohkansty@mail.ru

МОДЕРНИЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ТЭС В БОКСБЕРГЕ

В настоящее время при постоянно ускоряющемся росте производства и потребления вопрос получения большего количества энергии с меньшими затратами является одним из важнейших для благополучия и процветания общества. Большое количество электростанций работают на угле как одном из самых дешевых и имеющемся в большом количестве топливе. Рост выработки электроэнергии обеспечивается не только увеличением общего количества генерирующих мощностей, но и разработкой новых, более эффективных технологий производства. Последнее важно ещё и потому, что позволяет экономить топливо и снижать нагрузку на окружающую среду.

В России, к сожалению, мировые тенденции в энергетике приживаются далеко не сразу, что вызывает некую технологическую отсталость нашей страны и работу по старым принципам. Одним из лидеров в этой отрасли, безусловно, является Германия. Там строятся не только новые электростанции по самым современным технологиям, но и реконструируются и модернизируются старые. В качестве примера рассмотрим электростанцию, работающую под управлением компании *Vattenfall Europe* в г. Боксберге.

Первые агрегаты были введены в работу еще в 1966 г., в дальнейшем к 1980 г. было запущено 14 блоков общей мощностью 3520 МВт. После воссоединения Германии в 1990 г. 12 из них были остановлены (по 210 МВт каждый), а два по 500 МВт (N/P) модернизированы [1]. В середине 90-х был построен новый блок 900 МВт (Q), а в конце 2012 г. запущен блок мощностью

675 МВт (R), их характеристики приведены в таблице. Станция работает на буром угле с теплотой сгорания 8,7–9,1 МДж/кг. В блоке R использованы последние разработки и исследования в области материалов и технологий, он затрачивает на 30 % угля меньше, чем в среднем по стране, планируется достижение результата в 44 %. На рис. 1 указан КПД блока R, а также возможное повышение эффективности пылеугольного цикла с ростом рабочих параметров и переходом к новым материалам.

Параметры энергоблоков электростанции в Боксберге [2]

Параметр/Секция	N/P	Q	R
Наработка, (тыс.) ч	240	100	1,4
Паропроизводительность, т/ч	815	2422	1710
Температура пара (острого/промперегрева), °C	530/540	541/578	600/610
Давление пара, МПа	16,3	25,8	28,5
КПД-нетто, %	35,7	42	43,7
Расход угля на блок, т/ч	560	890	612

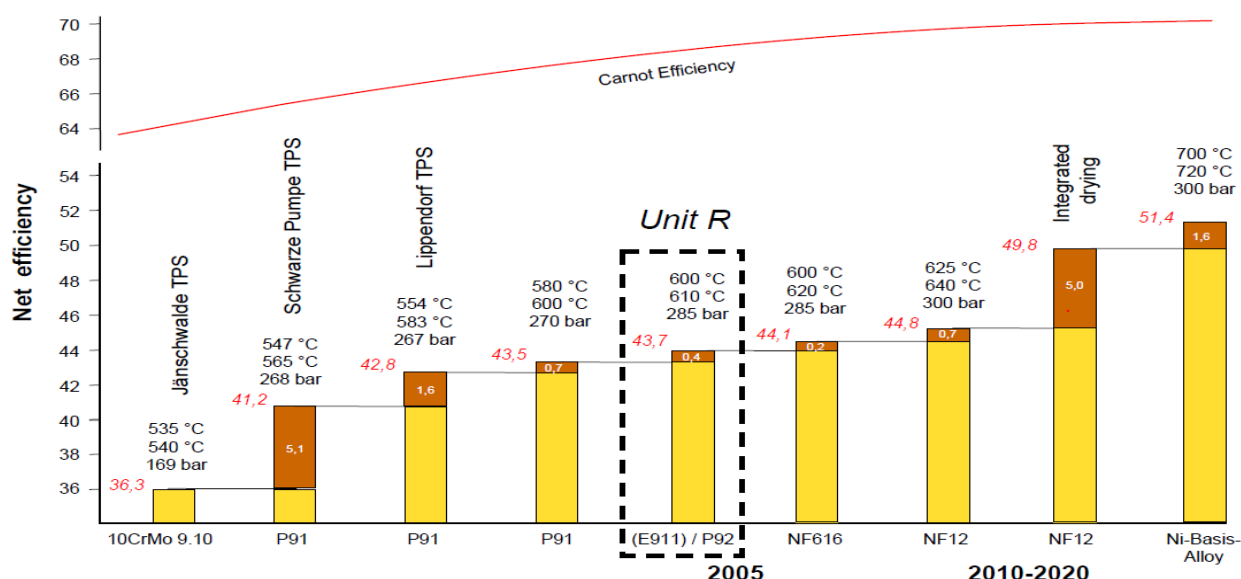


Рис. 1. Эффективность угольных энергоблоков Германии [3]

В целях повышения эффективности работы электростанции и выполнения ужесточающихся требований по выбросам было решено провести модернизацию блоков 500 МВт, которая осуществлялась в 3 этапа: с 1991 по 1996, с 2002 по 2006 и с 2008 по 2014 гг.

На первом этапе была выполнена реконструкция парогенератора, замена части низкого давления турбины, модернизация электрофилтра, установка оборудования для сероочистки и обновлена система управления. На котле были установлены горелки с низкими выбросами NO_x и заменены воздушные сопла дожигания. В результате реконструкции снижены температура уходящих газов и потери с механическим недожогом, что позволило повысить КПД котла на 5 %, а энергоблока – на 2 %. За каждым котлом после электрофилтра был установлен десульфуризатор со сбросом газов через градирню, в результате на

порядок были снижены выбросы SO_2 , при этом расход электроэнергии на собственные нужды вырос на 2 %, но КПД блока упал всего лишь на 0,7 %. Для увеличения расхода пара, устранения эрозии и повышения эффективности была заменена часть низкого давления. В итоге, КПД турбины повысился на 7 %, энергоблока – на 1,7 %.

На втором этапе была модернизирована система автоматики, а также турбина высокого давления, что позволило увеличить ее эффективность до 89 % и межремонтный период с 4 лет до 100 тыс. ч.

На третьей стадии заменены насосы, в том числе питательные и их приводные турбины, реконструирована система водоподготовки, модернизирован генератор, заменены трансформаторы, электродвигатели 10 кВ и система автоматики. Проведена реконструкция цилиндра среднего давления турбины, которая включала в себя замену ротора и лопаток, уплотнений, модернизацию проточной части [2].

Модернизация блоков 500 МВт ТЭС в Боксберге позволила повысить КПД станции на ~3,5 %, мощность турбоагрегатов возросла на 52 МВт, а расход тепла при этом снизился на 680 кДж/кВт. На рис. 2 можно наблюдать, как изменились выбросы вредных веществ [г/(кВт·ч)], вследствие реконструкции котла и системы газоочистки [2]. Благодаря сделанным усовершенствованиям эксплуатация блоков продлена до 2031 года.

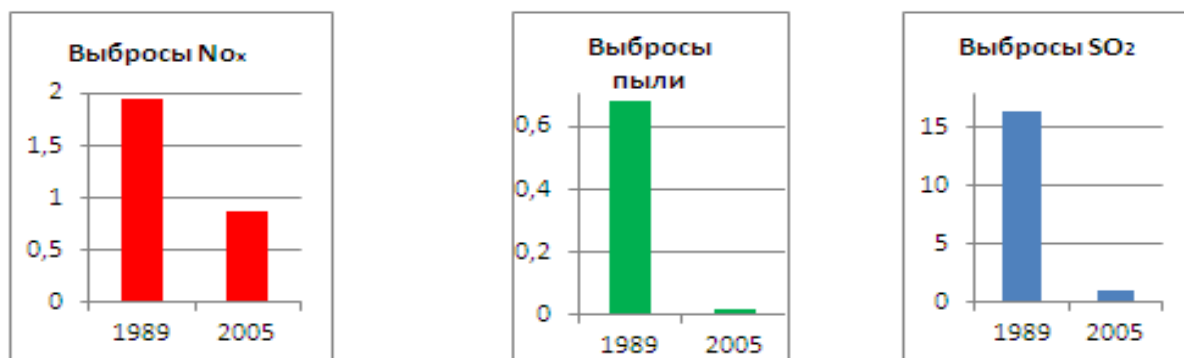


Рис. 2. Сокращение выбросов оксидов азота, серы и твердых частиц в результате модернизации

В рамках программы «чистый уголь» на ТЭС в Боксберге, помимо модернизации устаревших блоков 500 МВт, был построен новый энергоблок 675 МВт с КПД выше 43,7 %, показавший, каких результатов можно достичь при использовании самых современных технологий. Его коэффициент готовности превышает 91 %, диапазон рабочих нагрузок – от 50 до 103 % номинальной мощности. Для обеспечения высокой эксплуатационной надежности энергоблок оснащен самой современной системой контроля и управления. В общей сложности введено в эксплуатацию 10000 взаимосвязанных сигнальных устройств, подключенных к периферийным устройствам системы управления технологическим процессом. Для обеспечения максимальной безопасности

процессов на ежедневной основе автоматически осуществляется проверка состояния металла и сварных швов [4].

Электростанция в Боксберге является хорошим примером того, что из построенной на старых принципах и технологиях ТЭС можно сделать эффективную станцию с высоким КПД и низкими выбросами в атмосферу. Проведение подобных реконструкций устаревших ТЭС в России может стать первым шагом навстречу новой эпохе в области энергетики и дать толчок дальнейшему развитию технологий и созданию новых высокотехнологичных и эффективных электростанций, удовлетворяющих нужды в потреблении энергии при невысоких затратах.

Список литературы

1. Vattenfall's Power Plants. Boxberg [Электронный ресурс]. URL: <http://powerplants.vattenfall.com/powerplant/boxberg> (дата обращения: 12.11.2014).
2. Heimann G. Renovation and Modernization of Lignite fired Power Plant Boxberg // 4th EU South Africa Coal and Clean Coal Working Group Meeting. Johannesburg, 5–6 Nov. 2012.
3. Rost R. Clean Coal Technologies on example of Vattenfall's Power Plant Projects BOXBERG unit R and MOORBURG // 9th Meeting of the Task Force on Regional Energy Cooperation in Central and South Asia (RECA). Astana, Kazakhstan, 7 October 2013.
4. Vattenfall Europe Generation AG. Boxberg unit R. [Электронный ресурс]. URL: http://www.bea-tdl.de/fileadmin/BEA/referenzen/energietechnik-energieerzeugung/Englisch/6_RB_Block_20R_20Boxberg_eng.pdf (дата обращения: 12.11.2014).

УДК 532.1

Бадыкова Л. Н., Зиганшин А. М.
Казанский государственный архитектурно-строительный университет
amziganshin@kgasu.ru

ПОТЕРИ ДАВЛЕНИЯ В ПЛОСКОМ ПРИТОЧНОМ ТРОЙНИКЕ НА СЛИЯНИЕ

Обычно в системах вентиляции или дымоходов используется такой фасонный элемент, как тройник на приток или на разделение потоков. Для этого случая имеются данные о коэффициенте местного сопротивления [1; 2]. Тем не менее, бывают случаи, в которых приточный тройник работает на слияние – например, случаи параллельной работы двух нагнетателей на одну сеть. Неизвестно, как учитывать возникающие при этом потери. Работа посвящена численному исследованию течения в приточном равностороннем (ширина канала $b = 0,1$ м) тройнике на слияние. Задача решается в двухмерной постановке, общая система уравнений движения турбулентной жидкости замыкается при помощи универсальной k - ε модели турбулентности. Для моделирования пограничного слоя используются стандартные пристеночные функции. На рис. 1 приведена геометрия расчетной области и характерные линии тока. AB и EF : границы, через которые воздух подается через тройник – граничное условие